

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO- MATEMATIČKI FAKULTET  
BIOLOŠKI ODSJEK

**INTERAKCIJE MIKROBIOTE I DOMAĆINA: TEORIJA  
HOLOBIONTA**

**HOST-MICROBIOTA INTERACTIONS: HOLOBIONT  
THEORY**

Mia Šepčević  
Preddiplomski studij biologije  
(Undergraduate Study of Biology)  
Mentor: Doc. dr. sc. Sunčica Bosak

Zagreb, 2019.

## SADRŽAJ

1. UVOD: TEORIJA HOLOBIONTA .....	1
2. SPUŽVE (PORIFERA).....	2
3. MIKROBIOTA SPUŽVE.....	4
4. PRIMARNA PRODUKCIJA I „SPUŽVIN KRUG” .....	8
5. ZAKLJUČAK .....	10
7. LITERATURA .....	11
8. SAŽETAK .....	15
9. SUMMARY .....	15

## 1. UVOD: TEORIJA HOLOBIONTA

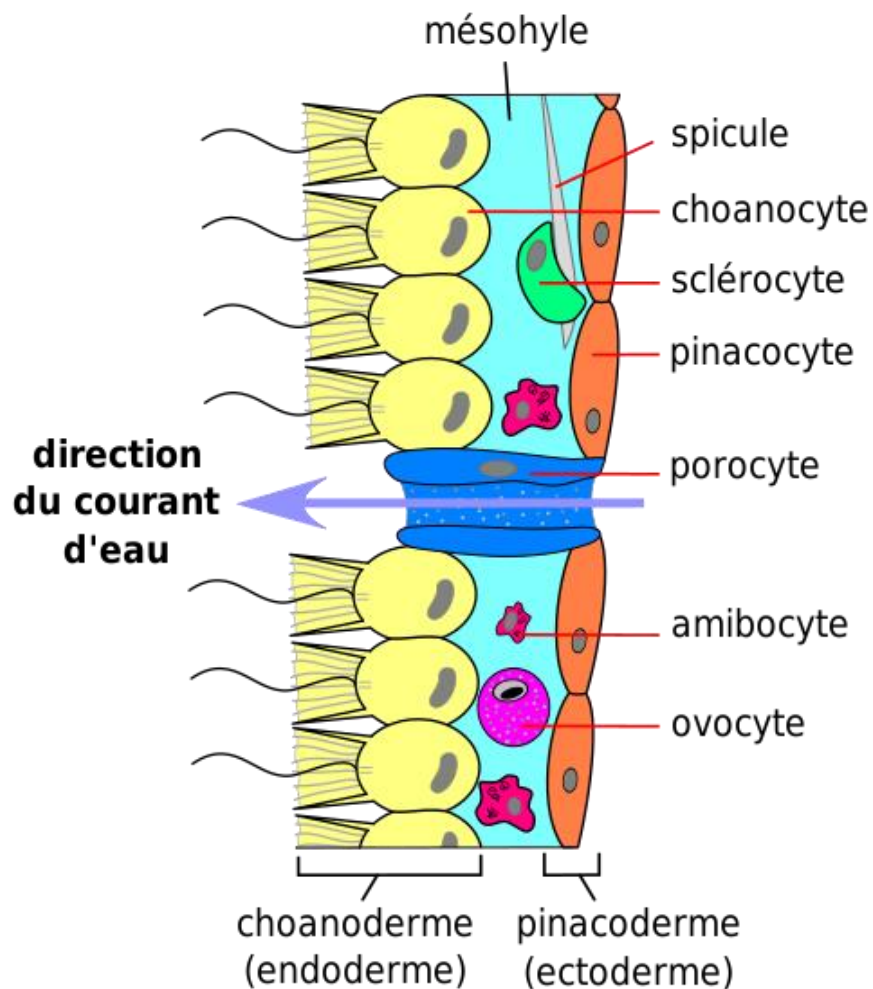
Pojam holobiont je prvi put upotrijebila Lynn Margulis (1991) za imenovanje organizma, domaćina, s jednim naslijeđenim simbiontom. Danas se pojam odnosi na organizam te pripadajuće mikroorganizme koji su na neki način povezani s domaćinom. (Simon i sur. 2019; Rosenberg i Zilber-Rosenberg 2018) Skupni naziv za sve mikroorganizme koji imaju odnos s domaćinom je „mikrobiota“, bez obzira da li je taj odnos mutualističkog (pozitivnog) ili parazitskog (negativnog) karaktera. Mikrobiota utječe na rast, razvoj i zdravlje domaćina. Konačni fenotip jedinke predstavlja rezultat kompleksne interakcije gena domaćina i povezanih mikroorganizama zbog čega se u recentnu terminologiju uvodi pojam hologenom. Hologenom označava gene domaćina i mikrobiote zajedno, to jest, sveukupne gene holobionta. (Zilber-Rosenberg i Rosenberg, 2007)

Koncept holobionta kao takav nije nov. Anton De Bary je već 1879. uveo pojam simbioze kako bi opisao povezanost gljiva i algi u lišajevima (Egerton 2015), a Buchner je istaknuo utjecaj simbioze na evoluciju organizama. Razvitkom molekularnih metoda i napretkom tehnologije ustanovljena je važnost uloge mikroorganizama u domaćinu, ali i u evolucijskim i ekološkim procesima (Simon i sur. 2018).

Holobiont predstavlja kompleksnu zajednicu na koju kao cjelinu djeluju ekološki i evolucijski procesi. Na evoluciju holobionta jednako utječu geni domaćina i pripadajućih mikroorganizama. (Bordenstein i Theis 2015) Također, stabilnost holobionta povećava se smanjenjem ekoloških interakcija i većom kompeticijom u mikrobioti (Coyte i sur. 2015). Kao primjer teorije holobionta i neke njezine utjecaje na interpretacije odnosa u ekosustavu će u ovom seminarskom radu biti prikazani na primjeru spužvinog holobionta.

## 2. SPUŽVE (PORIFERA)

Spužve (Porifera) su životinje sa nediferenciranim tkivima i organima, čije se životne funkcije odvijaju u specijaliziranim stanicama zbog čega spadaju u Parazoa. Spužve su radijalno simetrične ili nesimetrične životinje čije tijelo karakterizira akviferni sustav, sustav šupljina, kanala i komorica kroz koje struji voda. Na temelju građe akvifernog sustava razlikujemo tri osnovna oblika spužava: askon, sikon i leukon. (Habdija i sur. 2011)



Slika 1. Građa spužve (Ascon anatomia, 2007)

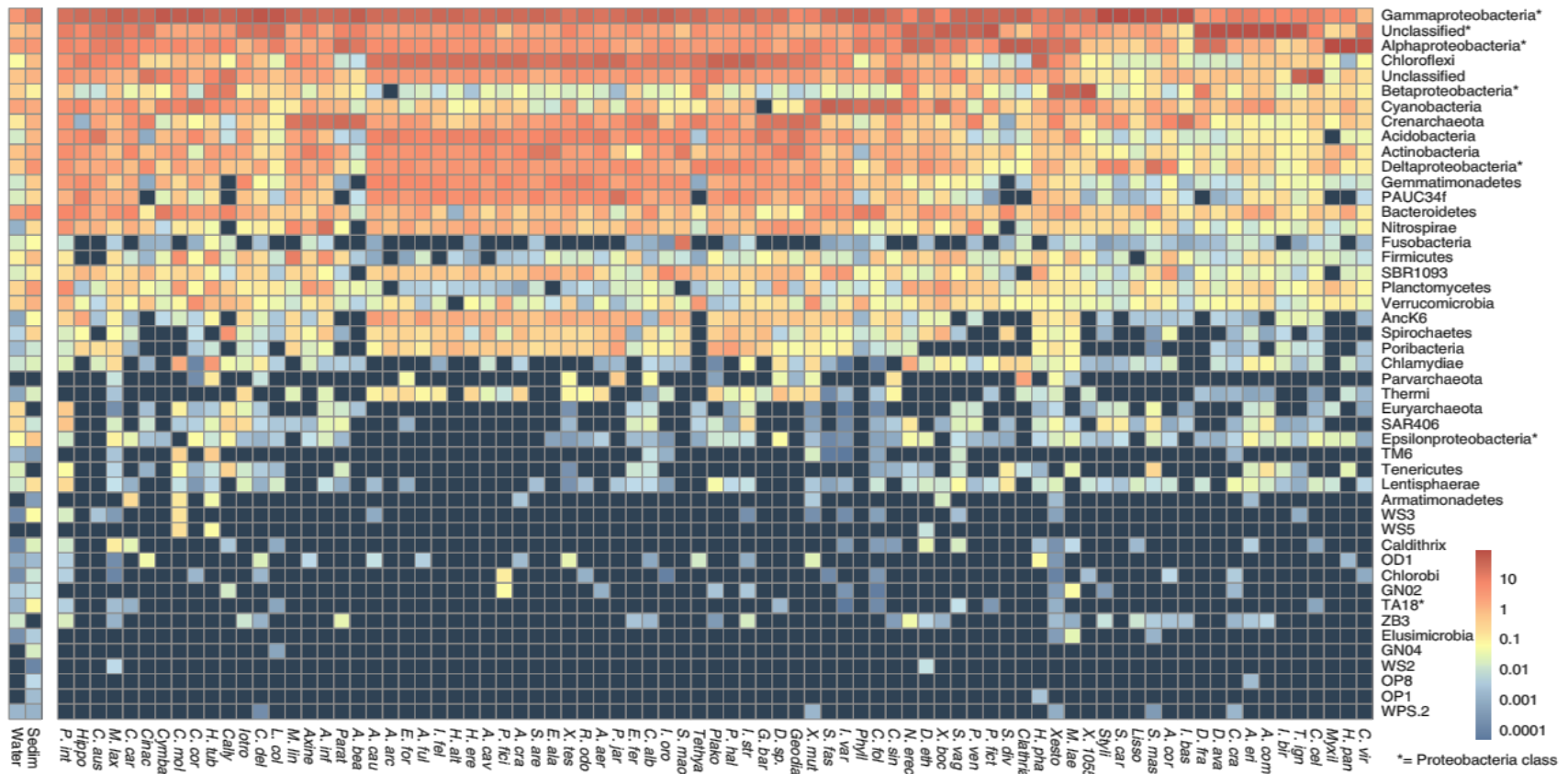
Spužve su građene od tri sloja stanica. (Slika 1.) Unutarnji sloj se naziva hoanoderma koja je sastavljena od bičastih stanica, hoanocita. Središnji sloj je mezohil koji je želatonozni matriks sa različitim skeletnim elementima i vrstama ameboidnih stanica. Vanjski sloj, pinakoderma, je građena od pinakocita i porocita. Pinakocite su pločaste stanice, dok su porocite cjevaste stanice za ulazak vode u spužvu. Za disanje, prehranu, razmnožavanje i izlučivanje produkata metabolizma najvažnija funkcija za spužve je strujanje vode. Voda sa raznim hranidbenim tvarima ulazi u unutrašnju šupljinu spužve, spongocel, kroz mnogobrojne male otvore na stijenci spužve koji se nazivaju ostije, a nalaze se na stanicama porocitama. U spongocelu se strujanje vode nastavlja u akviferni sustav zahvaljujući treperenju bičeva bičastih stanica (hoanocita). Hoanociti fagocitozom ili pinocitozom konzumiraju čestice hrane iz vode koje su zaustavili na svojem vijencu od mikrovila. Voda izlazi van kroz veliki otvor, oskulum (Habdija i sur. 2011).

Spužve su važna komponenta bentičkih staništa zbog velike biomase i utjecaja na primarnu produkciju tih staništa (Taylor i sur. 2007). Veliki utjecaj imaju ne samo zbog svoje biomase nego i zbog velike količine vode koju filtriraju (Apprill 2017). Pronađene su u tropskim, umjerenim i polarnim staništima te u abisalu (Gili i Coma 1998). Većinom ih nalazimo u morskim staništima, a samo jednu porodicu u slatkim vodama. Opisano je nešto više od osam tisuća vrsta koje razvrstavamo u Calcarea ili Calcispongia (vapnenjače), Hexactinellida (staklače) i Demospongia (kremenorožnjače) na temelju građe skeleta (Habdija i sur. 2011). Na temelju količine mikroorganizama u njihovom tkivu prepoznajemo dvije velike skupine: (i) HMA (High Microbial Abundance) i (ii) LMA (Low Microbial Abundance) spužve. HMA spužve posjeduju znatno veći broj raznovrsnijih mikroorganizama, te im je razlika u brojnosti pripadajućih mikroorganizama dva do četiri reda veličine. (Pita i sur. 2018)

### 3. MIKROBIOTA SPUŽVE

Spužvina mikrobiota sastoji se od arheja, bakterija, gljiva i virusa (Erwin i sur. 2012). Prema literaturi navedenoj u ovom seminaru najbolje su istražene bakterije kao sastavnica spužvine mikrobiote. Pronađeno je 17 koljena i 12 mogućih koljena bakterija u spužvinom holobiontu, a u jednoj jedinci domaćina može biti 100 različitih taksona bakterija (Erwin i sur. 2012). Mikrobiota može zauzimati do 40% volumena spužvinog tkiva sa gustoćom do  $10^9$  mikrobnih stanica na jedan mililitar tkiva (Taylor i sur. 2007).

U sklopu projekta „The Sponge Microbiome Project“ napravljena je baza podataka sekvenci 16S rRNA mikroorganizama morskih spužvi, vodi i sedimentu (Moitinho-Silva i sur. 2017). Najčešći rod mikroorganizama pronađen u morskim spužvama analizom 16S rRNA sekvenci je Proteobacteria nakon kojeg slijede Chloroflexi te Cyanobacteria. Neki od čestih rodova su Crenarchaeota, Acidobacteria, Actinobacteria i Poribacteria. (Taylor i sur. 2007; Moitinho-Silva i sur. 2017; Thomas i sur. 2016). Na Slici 2. prikazana je taksonomska raspodjela mikroorganizama pronađenih u osamdeset jednoj vrsti morskih spužva, morskoj vodi i morskom sedimentu (Thomas i sur. 2016).



**Slika 2.** Grafički prikaz taksonomske raspodjele mikroorganizama pronađenih u osamdeset jednoj vrsti morskih spužva, morskoj vodi i morskom sedimentu analizom 16S rRNA sekvenci (Thomas i sur. 2016).

Mikrobiota morskih spužvi je bogatija generalistima nego specijalistima, koji sudjeluju u svim vrstama ekoloških interakcija: pozitivnim, negativnim i neutralnim. No, njihove interakcije su slabe i više ovise o gustoći mikrobiote nego prirodi odnosa među njima, čime osiguravaju homeostazu cijelog holobionta. Također, evolucija morske spužve više ovisi o interakcijama između pojedinih članova mikrobiote, nego o samom sastavu istoga. (Thomas i sur. 2016) Smatra se kako su neki mikroorganizmi u mikrobioti potekli iz stupca vode, a ostali su genetski nasljeđivani već generacijama preko domaćina (Apprill 2017). Eksperimentalno je dokazano da spužve roda *Aplysina* mogu raspoznati koji su joj mikroorganizmi potencijalna hrana, a koji dio holobionta (Wilkinson i sur. 1979; Wehrl i sur. 2007).

Mikrobiota morskih spužvi je jako stabilna u svojem sastavu, bez obzira na sezonske promjene u stupcu vode (Fan i sur. 2013). Najvjerojatnije zahvaljujući specifičnim DNA modifikacijama i restriktivnim sistemima u spužvi, koji su zaštita od strane DNA izvan mikrobiotne zajednice, spužvin holobiont zadržava postojeće stanje mikrobiote. Taj mehanizam bi mogao objasniti i zašto se mikrobiota i mikroorganizmi u stupcu vode razlikuju. (Thomas i sur. 2010)

Kako bi se spužve zaštitile proizvode sekundarne metabolite koji proizvodi sam domaćin, mikrobiota ili ih dobivaju hranom (Fattorusso i sur. 2012). Zahvaljujući tim sekundarnim metabolitima spužvin holobiont se brani od obrastanja biofilmom, ROS-ova (eng. Reactive Oxygen Species), predatora i različitih bolesti. Putevi nastanka mnogih sekundarnih metabolita su povezani s određenim organizmima u sastavu mikrobiote. Neki od tih spojeva, za koje se zna da ih proizvode bakterije mikrobiote, su antivirusni i selektivno citotoksični prema tumorskim stanicama. (Flórez i sur. 2015) Sekundarni metaboliti spužvi u zadnje vrijeme se puno istražuju, jer su odličan izvor aktivnih tvari za nove lijekove (van Soest i sur. 2012).

Zdravi holobiont je onaj u kojemu su odnosi između mikrobiote u ravnoteži. Moguća su manja odstupanja u brojnosti i funkciji pojedinih mikroorganizama pri kojima organizam ostane u homeostazi. (Pita i sur. 2018) Urušavanje odnosa mikrobiote dovodi do uginuća spužve. Posebno su osjetljivi na privremene ili trajne promjene u abiotičkim ili biotičkim čimbenicima, poput klimatskih promjena. (Pita i sur. 2018; Fan i sur. 2013)



Povišena temperatura morske vode negativno utječe na interakcije u holobiontu djelujući i na spužvu i na mikrobiotu, što dovodi do propadanja holobionta. Događa se nekroza spužvinog tkiva, a inače stabilna mikrobiota mijenja sastav i sastoji se od sve većeg broja patogenih mikroorganizama. Povišenje temperature uzrokuje promjenu u ekspresiji gena kod domaćina i mikrobiote. Holobiont više nije u homeostazi te dolazi do odumiranja mikrobiote, čime se otvara nova niša za patogene bakterije na propadajućem organizmu. (Erwin i sur. 2012) Dovoljno je povišenje temperature za 2 do 3 stupnja Celzijusa iznad prosječne godišnje maksimalne temperature kako bi se poremetila ravnoteža mikrobiotnih odnosa zbog čega propadne cijeli holobiont (Fan i sur. 2013).

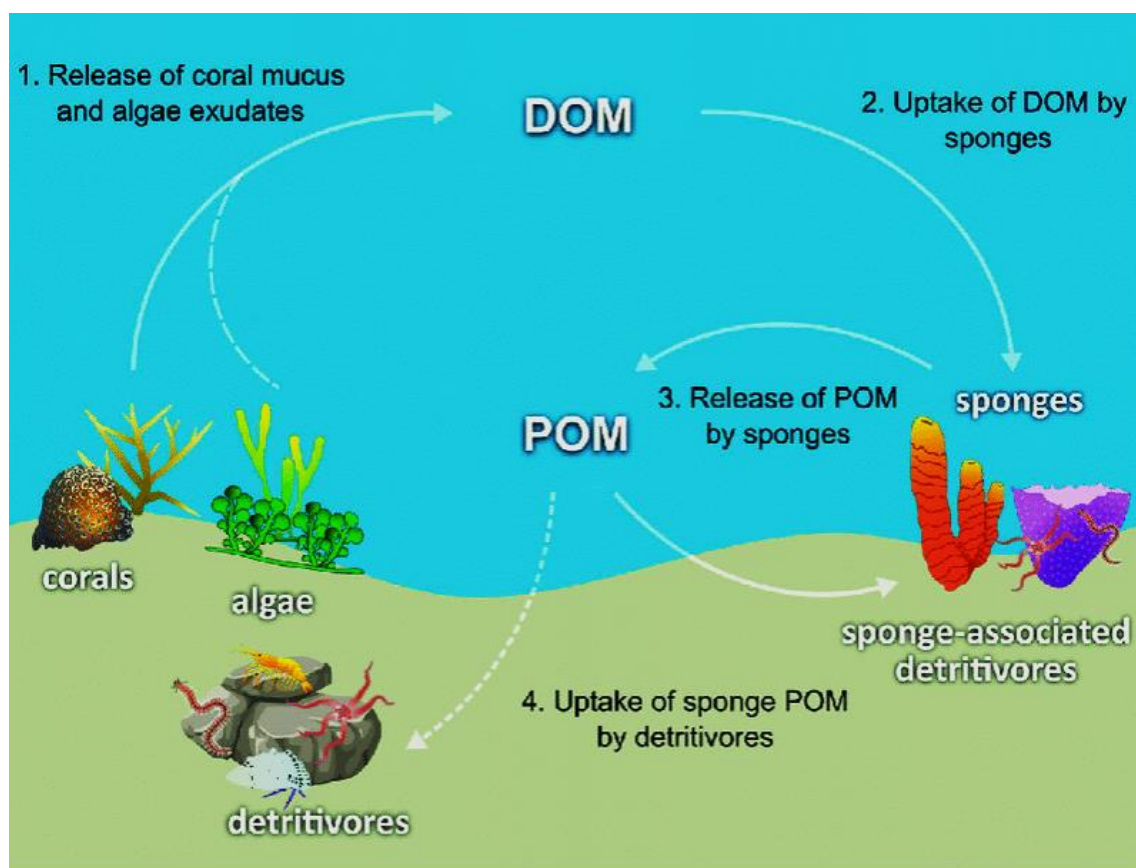
#### 4. PRIMARNA PRODUKCIJA I „SPUŽVIN KRUG”

Različite komponente mikrobiote koje fotosintetiziraju, ponajviše cijanobakterije i dinoflagelati, osiguravaju hranu i samoj spužvi asimiliranjem ugljika (Bell 2008). Izračunato je da pod optimalnom svjetlošću spužva ljeti dobiva od 61 do 80% potrebne energije fotosintezom, a zimi od 48 do 64%. To je manje od 10% ukupne proizvodnje koraljnih grebena (Wilkinson 1987). Primarna proizvodnja spužvi vjerojatno je važna samo u tropskim vodama siromašnim nutrijentima, posebno na Karibima (Bell 2008).

Primarna produkcija spužvi pomoću metanotrofnih bakterija mikrobiote je jako važna u dubokim morima blizu hidrotermalnih izvora bogatih metanom, jer cijele zajednice na tim bentičkim staništima ovise o kemoosmotskoj asimilaciji ugljika. Takva staništa su bogata mnogobrojnim vrstama beskralježnjaka zahvaljujući metatrofnoj primarnoj produkciji. S druge strane, u polarnim staništima fotosintetske diatomeje parazitiraju na spužvama vjerojatno kako bi se hranile njezinim metaboličkim produktima. (Bell 2008)

Mikrobni krug (eng. Microbial loop) je model kojim se DOM (eng. Dissolved Organic Matter) vraća u hranidbenu mrežu. Heterotrofne bakterije kao izvor energije koriste DOM iz fitoplanktona, algi i životinja. Te heterotrofne bakterije pojedu flagelati, njih mikrozooplankton, a onda veći zooplankton pojede mikrozooplankton. Na taj način se energija ponovno vraća u više trofičke nivoe hranidbene mreže. (Azam i sur. 1983; Worden i sur. 2015) Mikrobni krug temelji se na Sheldonovom modelu prema kojemu organizmi najčešće koriste čestice jedan red veličine manje od njih samih (Azam i sur. 1983). Mikrobni krug u otvorenim vodama omogućava recikliranje energije iz DOM-a (de Goeij i sur.2013).

U bentosu su spužve te koje asimiliraju DOM i vraćaju ga u hranidbenu mrežu putem „spužvinog kruga” (eng. sponge loop). (Slika 3.) Spužve uzimaju DOM nastao primarnom produkcijom algi ili koralja (Rix i sur. 2016 b) te ga pretvaraju u POM (Particulate Organic Matter) u obliku detritusa koji je izvor hrane za ostale stanovnike bentosa (Pita 2018). Spužve koraljnog grebena ispuste, u obliku detritusa, i do 40% DOM-a kojeg asimiliraju (Rix i sur. 2016b). Spužve filtriraju i virusne čestice, njih 23,3% do 62,9% zbog čega i nutrijenti iz virusa dolaze do viših trofičkih nivoa (Bell 2008).



**Slika 3.** Prikaz spužvinog kruga (Rix i sur. 2018)

Staro mišljenje je bilo da spužve koriste DOM kao izvor hrane samo zahvaljujući velikom broju mikroba koji njihov holobiont posjeduje. Također, mislilo se da što veći broj mikroorganizama pogoduje boljem i većem iskorištenju DOM-a. Prema tome bi HMA spužve koristile veće količine DOM-a nego LMA spužve. (Maldonado i sur. 2012) Eksperimentom na tri spužve koraljnog grebena Crvenog mora dokazano je da je ugradnja DOM-a u spužve različitih vrsta približna bez obzira na količinu mikroorganizama u njima. Primijećeno je da LMA spužve koriste više bakterija u fiksaciji DOM-a nego HMA spužve, makar im je količina fiksiranog DOM-a približna. U istom istraživanju proučavana je razlika u iskorištenosti DOM-a nastalog od algi i onog nastalog od koralja. Ustanovljeno je da je DOM iz koralja češći u stanicama same spužve, a DOM iz algi je češći u bakterijskim stanicama. Koraljni DOM najčešće ima veću količinu proteina i lipida zbog čega je pristupačniji stanicama spužve. S druge strane, DOM nastao od algi ima veće količine šećera koje pogoduju mikrobiološkom metabolizmu. (Rix i sur. 2016b)

Spužve u 30 minuta probave istu količinu DOM-a kao i slobodnoživuće bakterije u stupcu vode u 30 dana. S obzirom na ogromne količine ugljika koje spužve probave, izuzevši količinu koja se potroši na respiraciju, za očekivati je da se njihova biomasa i više nego udvostruči svaka tri dana. Dok u stvarnosti one jako sporo rastu, i neto rast im je blizu 0%, što upućuje na svakodnevno odumiranje velikih količina tkiva. (de Goeij i sur. 2013) Hoanocite se podjele svakih 5 do 6 sati zbog čega su to stanice s najbržim staničnim ciklusom mnogostaničnog organizma (de Goeij i sur. 2009). S druge strane, jako puno starih hoanocita završi u okolnom moru u obliku detritusa, to jest kao POM. To je jedan od načina na koji spužve energiju i nutrijente iz DOM-a čine dostupnom organizmima na višem trofičkom nivou. Količina DOM-a koju spužve dnevno obrade blizu je sveukupne primarne proizvodnje koraljnog ekosustava. (de Goeij i sur. 2013) Spužve pomažu životu koraljnih grebena toplih mora, koja su nutrijentima siromašna, i hladnih mora, koja su ograničena količinom dostupne energije (Rix i sur. 2016a).

## 5. ZAKLJUČAK

Zahvaljujući konceptu holobionta domaćin i mikrobiota se ne proučavaju kao samostalna jedinka već kao cjelina (Bordenstein i Theis 2015). Domaćin ovisi o mikrobioti kako bi ostao zdrav i normalno rastao (Pita i sur. 2018). Čim se mikrobiota izbacila iz ravnoteže dolazi do promjena kod domaćina, npr. počne odumiranje tkiva kod povišenja temperature (Fan i sur. 2013). Zajedno imaju jako veliki utjecaj na ekosustav u kojem se nalaze. Jedna od najvažnijih funkcija spužvinog holobionta je to što spužvinim krugom vraćaju DOM u više trofičke nivoe te tako osiguravaju hranu za ostale organizme u vodama siromašnim nutrijentima (Pita 2018). Jako važna je i njihova primarna proizvodnja u dubokim morima (Bell 2008).

Iz razloga što je koncept holobionta relativno nov ima puno područja koja se još moraju istražiti i sagledati iz nove perspektive. Posebno je važan utjecaj klimatskih promjena koje su sve brže i jače izraženije, a imaju negativan utjecaj na spužvin holobiont.

## 7. LITERATURA

- Apprill A, 2017. Marine animal microbiomes: toward understanding host–microbiome interactions in a changing ocean. *Frontiers in Marine Science* **4**, 222.
- Azam F, Fenchel T, Field JG, Gray JS, Meyer-Reil LA, Thingstad F, 1983. The ecological role of water - column microbes in the sea. *Marine Ecology Progress Series* **10**, 257-263.
- Bell JJ, 2008 The functional roles of marine sponges. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **79**, 341–353.
- Bordenstein SR, Theis KR, 2015. Host biology in light of the microbiome: ten principles of holobionts and hologenomes. *PLOS Biology* **13**, e1002226.
- Coyte KZ, Schluter J, Foster KR, 2015. The ecology of the microbiome: networks, competition, and stability. *Science* **350**, 663–666.
- de Goeij JM, van Oevelen D, Vermeij M J A, Osinga R, Middelburg JJ, de Goeij AFPM, Admiraal W, 2013. Surviving in a marine desert: the sponge loop retains resources within coral reefs. *Science* **342**, 108–110.
- de Goeij JM, de Kluijver A, van Duyl FC, Vacelet J, Wijffels RH, de Goeij AFPM, Cleutjens JPM, Schutte B, 2009. Cell kinetics of the marine sponge *Halisarca caerulea* reveal rapid cell turnover and shedding. *Journal of Experimental Biology* **212**, 3892-3900.
- Egerton FN, 2015. History of Ecological Sciences, Part 52: Symbiosis Studies. *Bulletin of the Ecological Society of America* **96(1)**, 80–139.
- Erwin PM, Pita L, López-Legentil S, Turona X, 2012. Stability of Sponge-Associated Bacteria over Large Seasonal Shifts in Temperature and Irradiance. *Applied and Environmental Microbiology* **78**, 7358-7368.

- Fan L, Liu M, Simister R, Webster NS, Thomas T, 2013. Marine microbial symbiosis heats up: the phylogenetic and functional response of a sponge holobiont to thermal stress. *The ISME Journal* **7**, 991–1002.
- Fattorusso E, Gerwick WH, Taglialatela-Scafati O, 2012. Handbook of Marine Natural Products. Springer, pp. 191-293.
- Flórez LV, Biedermann PHW, Engl T, Kaltenpoth M, 2015. Defensive symbioses of animals with prokaryotic and eukaryotic microorganisms. *Natural Product Report* **32**, 904–936.
- Gili JM, Coma R, 1998. Benthic suspension feeders: their paramount role in littoral marine food webs. *Trends Ecology Evolution* **13**, 316-321.
- Habdija I, Primc Habdija B, Radanović I, Špoljar M, Matonički Kepčija R, Vujić Karlo S, Miliša M, Ostojić A, Sertić Perić M, 2011. Protista-Protozoa; Metazoa-Invertebrata: strukture i funkcije. Alfa d. d., pp. 91-98.
- Maldonado M, Ribes M, van Duyl FC, 2012. Nutrient fluxes through sponges: biology, budgets, and ecological implications. *Advances in Marine Biology*. **62**, 113–182.
- Margulis L, 1991. Symbiosis as a source of evolutionary innovation: speciation and morphogenesis. MIT Press, pp. 1–14.
- Moitinho-Silva L, Nielsen S, Amir A, Gonzalez A, Ackermann GL, Cerrano C, Astudillo-Garcia C, Easson C, Sipkema D, Liu F, Stenert G i sur. 2017. The sponge microbiome project. *Giga Science* **6**,10.
- Pita L, Rix L, Slaby BM, Franke A, Hentschel U, 2018. The sponge holobiont in a changing ocean: from microbes to ecosystems. *Microbiome* **6**, 46.
- Rix L, de Goeij JM, van Oevelen D, Struck U, Al-Horani FA, Wild C, Naumann MS, 2018. Reef sponges facilitate the transfer of coral-derived organic matter to their associated fauna via the sponge loop. *Marine Ecology Progress Series* **589**, 85-96.

- Rix L, de Goeij JM, Mueller CE, Struck U, Middelburg JJ, van Duyl FC, Al-Horani FA, Wild C, Naumann MS, van Oevelen D, 2016a. Coral mucus fuels the sponge loop in warm- and cold-water coral reef ecosystems. *Scientific Report* 6:18715.
- Rix L, de Goeij JM, van Oevelen D, Struck U, Al-horani FA, Wild C, Naumann MS, 2016b. Differential recycling of coral and algal dissolved organic matter via the sponge loop. *Functional Ecology* **31**, 778–789.
- Rosenberg E i Zilber-Rosenberg I, 2018. The hologenome concept of evolution after 10 years. *Microbiome* **6**, 78
- Sapp J, 2002. Paul Buchner (1886–1978) and hereditary symbiosis in insects. *International Microbiology* **5(3)**, 145–50.
- Simon JC, Marchesi JR, Mougél C, Selosse MA, 2019. Host-microbiota interactions: from holobiont theory to analysis. *Microbiome* **7**, 5
- Taylor MW, Radax R, Steger D, Wagner M, 2007. Sponge-associated microorganisms: evolution, ecology, and biotechnological potential. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* **71**, 295–347.
- Thomas T, Moitinho-Silva L, Lurgi M, Björk JR, Easson C, Astudillo-García C, Olson JB, Erwin PM, Lopez-Legentil S, Luter H, Chaves-Fonnegra A i sur. 2016. Diversity, structure and convergent evolution of the global sponge microbiome. *Nature Communication* **7**, 11870.
- Thomas T, Rusch D, deMaere MZ, Yung PY, Lewis M, Halpern A, Heidelberg KB, Egan S, Steinberg PD, Kjelleberg S, 2010. Functional genomic signatures of sponge bacteria reveal unique and shared features of symbiosis. *The ISME Journal* **4** 1557–1567.
- van Soest RWM, Boury-Esnault N, Vacelet J, Dohrmann M, Erpenbeck D, de Voogd NJ, Santodomingo N, Vanhoorne B, Kelly M, Hooper JNA, 2012. Global diversity of sponges (Porifera). *PLOS One* **7**, e35105.26.

- Wehrl M, Steinert M, Hentschel U, 2007. Bacterial uptake by the marine sponge *Aplysina aerophoba*. *Microbial Ecology* **53**, 355–365.
- Wilkinson CR, 1987. Productivity and abundance of large sponge populations on Flinders reef flats, Coral Sea. *Coral Reefs* **5**, 183–188.
- Wilkinson CR, Garrone R, Vacelet J, 1979. Marine sponges discriminate between food bacteria and bacterial symbionts: electron microscope radioautography and in situ evidence. *Proceedings of the Royal Society London B* **205**, 519–28.
- Worden AZ, Follows MJ, Giovannoni SJ, Wilken S, Zimmerman AE, Keeling PJ, 2015. Rethinking the marine carbon cycle: factoring in the multifarious lifestyles of microbes. *Science* **347**, 1257594.
- Zilber-Rosenberg I, Rosenberg E, 2008. Role of microorganisms in the evolution of animals and plants: the hologenome theory of evolution. *FEMS Microbiology Reviews* **32(5)**, 723–35.
- Ascon anatomia, 2007 <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Asconoide-fr.svg> (preuzeto: 13.9.2019.)



## 8. SAŽETAK

Pojam holobiont opisuje organizam, domaćina, sa svim njegovim pripadajućim mikroorganizmima, mikrobiotom. Mikrobiota utječe na rast, razvoj i zdravlje domaćina. U ovom radu opisano je nekoliko karakteristika holobionta spužvi (Porifera) i njegov utjecaj na ekosustav. Spužve su mnogostanične životinje s nediferenciranim tkivima koje su važne komponente bentičkih staništa zbog velike biomase i količine vode koju profiltriraju. Neki od čestih rodova mikroorganizama pronađeni u mikrobioti morskih spužava analizom 16S rRNA sekvenci su Proteobacteria, Chloroflexi, Cyanobacteria, Crenarchaeota i Acidobacteria. Zdravi holobiont je onaj u kojemu su odnosi u mikrobioti u ravnoteži. Ta ravnoteža naruši se promjenom biotičkih i abiotičkih čimbenika. Kada je spužvin holobiont zdrav osigurava nutrijente drugim organizmima. U dubokim morima blizu hidrotermalnih izvora metanotrofne bakterije iz mikrobiote kemoosmozom asimiliraju ugljik i tako osiguravaju hranjive tvari. Dok koraljni grebeni toplih i hladnih mora ovise o spužvinoj petlji kako bi dobili dovoljno nutrijenata i energije. Spužvinom petljom u kojoj sudjeluje i mikrobiota i domaćin DOM se u obliku POM-a vraća u više trofičke nivoe. Ovo su samo neki razlozi važnosti spužvinog holobionta koji je sve ugroženiji zbog negativnog utjecaja klimatskih promjena na njega.

## 9. SUMMARY

Holobiont is an organism with all of its associated microorganisms called microbiota. Microbiota affects growth, development and health of its host. Sponges (Porifera) are multicellular organisms with undifferentiated tissue. Sponges are an important member of benthic habitats because of their large biomass and the capacity for filtering water. This paper describes several characteristics of a sponge holobiont and its effect on the ecosystem. Some of the common microorganism taxa found in the sponge microbiota are Proteobacteria, Chloroflexi, Cyanobacteria, Crenarchaeota and Acidobacteria. In a healthy holobiont, relationships in the microbiota are at equilibrium. This balance breaks down by changing biotic and abiotic factors. When is the sponge holobiont healthy it provides nutrients for other organisms. In the deep sea near the hydrothermal vents metatrophic bacteria from microbiota by chemiosmosis assimilate carbon by which they provide nutrients. While coral reefs of warm and cold seas depend on sponge loop to acquire enough nutrients and energy. Sponge loop uses both microbiota and the host to convert DOM into POM which is then returned to higher trophic

levels. This are just some of the reasons why is sponge holobiont important which is getting more endangered because of the negative impact of climate change on it.